

AGENTES BIOLÓGICOS (FUNGOS) NA ATMOSFERA DE TRABALHO

Nelson Lima e Armando Venâncio

Centro de Engenharia Biológica - IBQF
Universidade do Minho, Braga, Portugal

INTRODUÇÃO

Uma vez que a maior parte das pessoas passa *ca* de 90% do seu tempo dentro de instalações em contacto com ar interior, o estudo para a implementação da qualidade do ar interior - QAI - torna-se assim crítico e imperioso. O assegurar de condições nas instalações comerciais, hospitalares, industriais e residenciais para que a QAI seja efectiva, bem como o evitar que clientes, pacientes, trabalhadores ou qualquer pessoa estejam sujeitos à exposição de agentes biológicos deve ser matéria de constante avaliação e fiscalização. Assim, os autores elegeram como modelo biológico os fungos, como exemplo de agente biológico, para abordarem as questões da qualidade do ar. Neste contexto, e uma vez que os fungos não vivem nem se multiplicam no ar, mas tão somente são transportados por este, focaremos neste capítulo os riscos biológicos associados a este grupo de microrganismos, as metodologias de avaliação, e algumas medidas de prevenção no sentido de melhorar a qualidade do ar interior, ou seja, os autores apresentam, neste capítulo, os princípios gerais da engenharia aerobiológica.

Os fungos, como grande grupo de seres vivos, podem ser encontrados nos mais diversos ambientes. Este grupo está subdividido, de acordo com as suas características morfológicas e reprodutoras, em cinco divisões: Quitridiomicotina, Zigomicotina, Ascomicotina, Basidiomicotina e Deuteromicotina. De referir que até à data foram descritas aproximadamente 70.000 espécies diferentes, estimando-se, contudo, que existem no planeta 1,5 milhões de espécies. No entanto, só cerca de 200 espécies de fungos são referidas como agentes causadores de doenças no Homem e, como veremos mais adiante, destes, só 22, estão legalmente classificados de acordo com o seu nível de risco infeccioso para os trabalhadores, como agentes biológicos. Apesar deste quadro aparentemente optimista, há condições ambientais que promovem a presença de diversos fungos que poderão desencadear reacções alérgicas, infecções ou intoxicações nos trabalhadores que estão expostos a eles.

O infinitamente pequeno - O mundo biológico pode ser dividido em função das dimensões dos seres vivos, ou das suas estruturas, em duas grandes classes: os seres/estruturas macroscópicos e os seres/estruturas microscópicos. Sabendo que o limite de resolução do olho humano é de *ca* 200 μm , necessariamente todos os seres vivos, ou estruturas biológicas, com dimensões inferiores a este valor deixam de estar ao alcance da nossa visão e, conseqüentemente, não pertencem ao conhecimento empírico que temos da Natureza. Assim, o mundo biológico infinitamente pequeno é-nos dado a conhecer directamente pelas ampliações dos microscópios ou, indirectamente, pelas suas actividades ou pelos seus danos. Para termos uma correcta noção das escalas envolvidas no mundo biológico apresentamos no Quadro 1 as dimensões padrão dos seres vivos em micrómetros (μm).

Quadro 1 - Dimensões dos seres vivos em micrómetros (μm).

Baleia azul (o maior animal)	30.000.000 μm
Homem	1.700.000 μm
Ovo de avestruz (a maior célula)	70.000 μm
Ovo de rã	1.000 μm
Limite de Resolução do Olho Humano (200 μm)	
Pólen	100 μm
Esporo fúngico	10 μm
Bactérias	1 μm
Vírus	< 0,1 μm

No Quadro 1 podemos verificar que no mundo microscópico - microbiológico - encontramos os vírus que são considerados partículas com informação genética e só capazes de se reproduzirem quando infectam outras células; as bactérias que são seres vivos unicelulares de organização interna simples pertencentes ao *Reino Monera*, os protozoários que são seres vivos unicelulares com organização interna mais complexa e compartimentalizada pertencentes ao *Reino Protista* e, finalmente, encontramos os fungos que sendo já seres predominantemente pluricelulares são na sua maioria, ou os seus esporos, microscópicos e pertencentes ao *Reino dos Fungos* (Fig. 1). As plantas e os animais pertencentes, respectivamente, ao *Reino das Plantas* e ao *Reino dos Animais* (Fig. 1), são seres pluricelulares com organização celular complexa. Contudo, alguns destes seres podem ter pequenas dimensões (*e.g.* os ácaros), ou libertarem para o ar estruturas microscópicas (*e.g.* no caso dos animais - pequenos pedaços de pele solta pela descamação ou pêlos; e no caso das plantas - os pólenes).

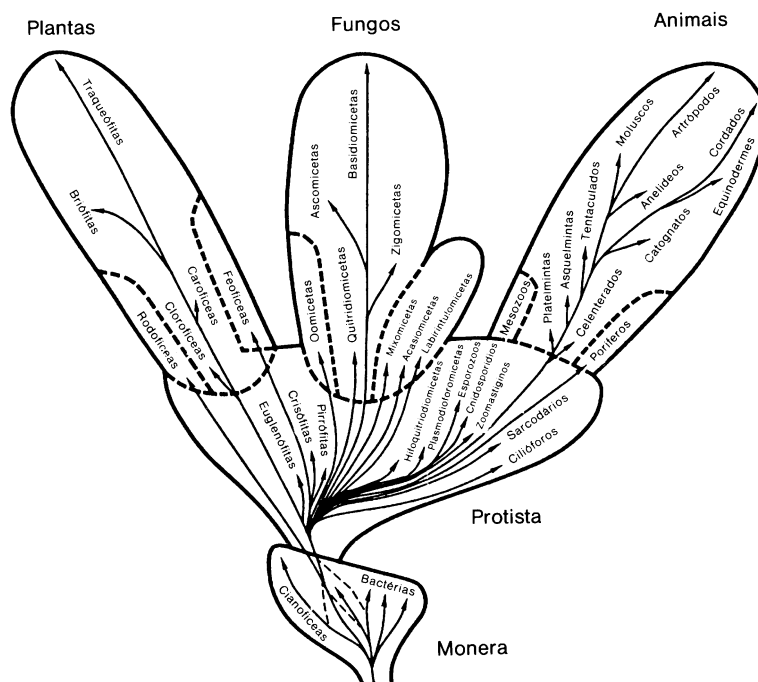


Figura 1 - Distribuição dos seres vivos por cinco Reinos, proposta em 1969 por Whittaker.

Agente biológico - Decorrendo do que atrás foi referido, e de acordo com as definições do Decreto-Lei 84/97 de 16 de Abril, que transpõe para o direito interno as definições de microrganismo e de agente biológico da Directiva nº 90/679/CEE do Conselho, de 26 de Novembro, relativa à protecção dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes biológicos durante o trabalho, microrganismo é qualquer entidade microbiológica, celular ou não celular, dotada de capacidade de reprodução ou de transferência do material genético. E ainda, no âmbito deste quadro-legal, entende-se por agente biológico os microrganismos, incluindo os geneticamente modificados, as culturas de células e os endoparasitas humanos susceptíveis de provocar infecções, alergias ou intoxicações.

Por outro lado, o mesmo Decreto-Lei, no Art. 4º, classifica os agentes biológicos conforme o seu nível de risco infeccioso nos seguintes grupos:

GRUPO 1 - Agente biológico cuja probabilidade de causar doenças no ser humano é baixa;

GRUPO 2 - Agente biológico que pode causar doenças no ser humano e constituir um perigo para os trabalhadores, sendo escassa a probabilidade de se propagar na colectividade [...];

GRUPO 3 - Agente biológico que pode causar doenças graves no ser humano e constituir um risco grave para os trabalhadores, sendo susceptível de se propagar na colectividade [...];

GRUPO 4 - Agente biológico que causa doenças no ser humano e constitui um risco grave para os trabalhadores, sendo susceptível de apresentar um elevado nível de propagação na colectividade [...].

Completando este quadro legal, e de acordo com a Portaria nº 405/98 de 11 de Julho, os fungos classificados nestes grupos são os listados a seguir:

v	<i>Aspergillus fumigatus</i>	2
v	<i>Blastomyces dermatitidis</i> (<i>Ajellomyces dermatitidis</i>)	3
v	<i>Candida albicans</i>	2
v	<i>Coccidioides immitis</i>	3
v	<i>Cryptococcus neoformans</i> var. <i>neoformans</i> (<i>Filobasidiella neoformans</i> var. <i>neoformans</i>)	2
v	<i>Cryptococcus neoformans</i> var. <i>gattii</i> (<i>Filobasidiella bacillispora</i>)	2
v	<i>Emmonsia parva</i> var. <i>parva</i>	2
v	<i>Emmonsia parva</i> var. <i>crescens</i>	2
v	<i>Epidermophyton floccosum</i>	2
v	<i>Fonsecaea compacta</i>	2
v	<i>Fonsecaea pedrosoi</i>	2
v	<i>Histoplasma capsulatum</i> var. <i>capsulatum</i> (<i>Ajellomyces capsulatus</i>)	3
v	<i>Histoplasma capsulatum</i> var. <i>duboisii</i>	3
v	<i>Madurella grisea</i>	2
v	<i>Madurella mycetomatis</i>	2
v	<i>Microsporium</i> spp.	2
v	<i>Neotestudina rosatii</i>	2
v	<i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	3
v	<i>Penicillium marneffeii</i>	2
v	<i>Sporothrix schenckii</i>	2

v	<i>Trichophyton rubrum</i>	2
v	<i>Trichophyton</i> spp.	2

Contudo, as espécies fúngicas envolvidas na qualidade do ar são, numericamente, muito mais e mais diversificadas do que estas agora listadas. Muitas dessas espécies, felizmente para nós, podem conviver connosco sem com isso termos prejuízos imediatos. No entanto, em situações de debilidade física, de sistema imunitário deficiente ou de continuada exposição ao mesmo fungo, podemos vir a apresentar reacções alérgicas ou mesmo infecções. Neste sentido, no fim deste capítulo, apresentamos uma sinopse dos fungos envolvidos na qualidade do ar.

Mecanismos de defesa aos agentes biológicos - O Homem, como qualquer ser vivo, está permanentemente a interagir com o meio ambiente. Nesta interacção, os seres vivos utilizam mecanismos de regulação interna para se defenderem das variações físico-químicas externas e dos agentes biológicos agressores, minimizando, assim, os efeitos internos dessas mesmas variações e agressões. A esta procura constante de manutenção do equilíbrio interno - homeostasia - está associado um conjunto de mecanismos de defesa desse equilíbrio. Assim, a resistência natural a agentes biológicos varia com a espécie do hospedeiro, com o factor racial e, finalmente, com o factor individual (Fig. 2).

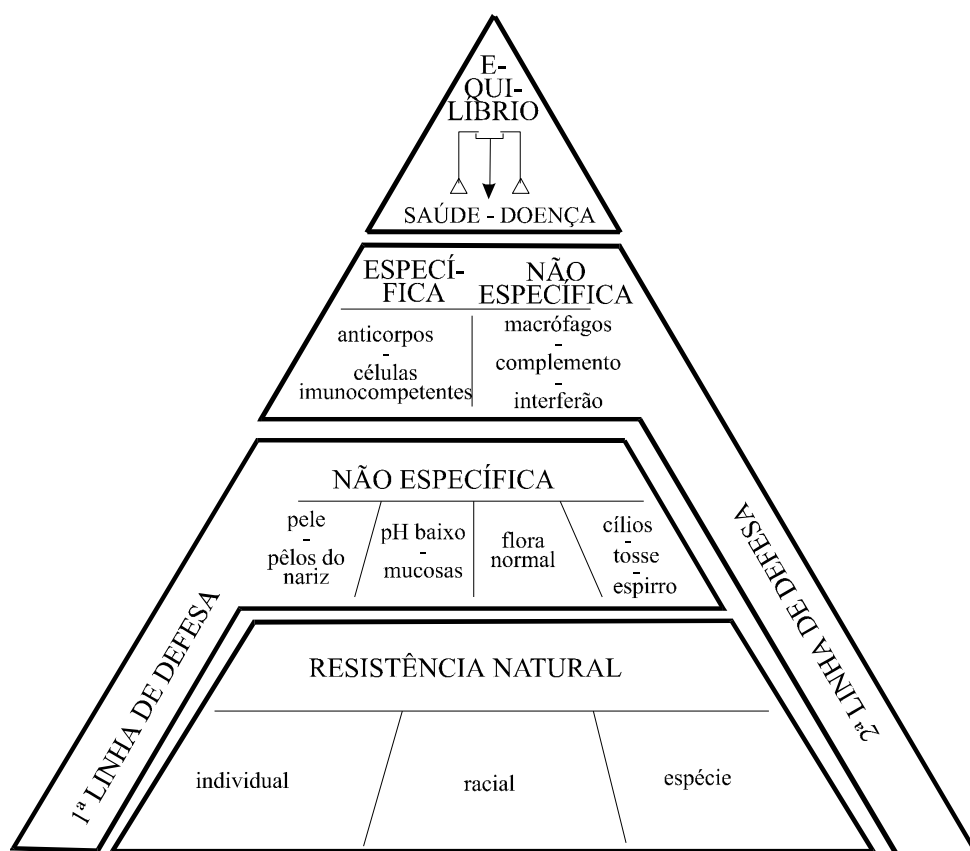


Figura 2 - Imunidade inata e adquirida (adaptado de [3]).

Assim, encontramos agentes biológicos capazes de infectar diferentes animais, mas por seu turno podem ser inofensivos para o Homem. Por outro lado, encontramos agentes biológicos que especificamente são capazes de produzirem infecções no Homem; a resistência racial está mais relacionada com as particularidades genéticas de cada raça e também com as condições do meio ambiente a que sucessivas gerações dessas populações foram sujeitas; por último, mas não menos importante, a resistência individual à infecção está relacionada com o estado de nutrição de cada pessoa, a sua higiene pessoal e a oportunidade desta estar exposta aos agentes biológicos. Neste último caso, como 1/3 a 1/4 do dia de trabalho é dispendido em ambiente laboral, torna-se relevante a qualidade das condições sanitárias das instalações e equipamentos que constituem este ambiente.

Para além desta resistência natural aos agentes biológicos, o Homem apresenta mecanismos de defesa inespecíficos - imunidade inata - e mecanismos de defesa específicos - imunidade adquirida - que lhe permitem combater o agente biológico agressor actuando, respectivamente, como primeira e segunda linha de defesa. Assim, a primeira linha de defesa, sendo genérica para qualquer tipo de agente biológico, actua como barreira pré-existente à entrada dos agentes biológicos no corpo humano. A Fig. 3 sintetiza as principais defesas não específicas, onde podemos encontrar a pele, que cobre todo o corpo humano, como extensa barreira mecânica à penetração de qualquer microrganismo, bem como o seu pH ácido (3 a 5) e a sua contínua descamação evita boas condições aos microrganismos para aí se instalarem. Um ferimento ou golpe na pele constitui uma ruptura nesta barreira, permitindo que microrganismos aí se instalem e se desenvolvam criando uma infecção. Quando os trabalhadores se encontram expostos a agentes agressores podem desenvolver sintomas de irritação da pele como por exemplo, dor, sensação de prurido, vermelhão e secura da pele. Os pêlos do nariz, cobertos de secreções nasais, bem como a mucosa das vias digestiva e respiratória retêm grande quantidade de partículas aéreas e, conseqüentemente, microrganismos. A tosse e o espirro são reflexos causados por irritações no aparelho respiratório tendo por objectivo devolver ao meio ambiente os agentes agressores. Durante este processo, geram-se aerossóis que podem transportar e dessiminar outros agentes biológicos que infectavam o indivíduo. Neste sentido, podemos considerar a tosse e o espirro como uma arma de dois gumes: por um lado, como reacção de defesa a um agente agressor; por outro lado, como acção geradora de bioaerossóis.

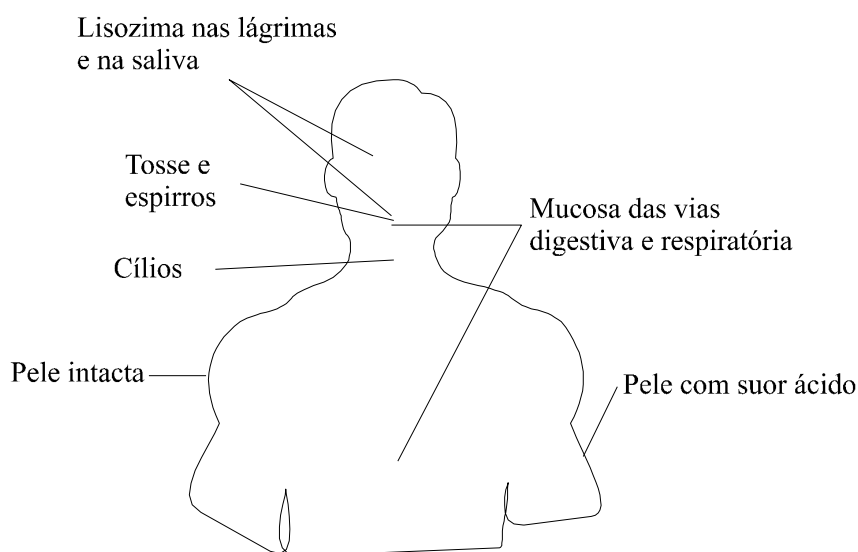


Figura 3 - Defesas não específicas contra agentes biológicos do ar.

Os olhos são lubrificados pelas lágrimas, a boca e a faringe pela saliva. Quer as lágrimas quer a saliva possuem lisozima, que é responsável pelo ataque às paredes bacterianas, e por conseguinte estas secreções são fortes protectores dos respectivos órgãos contra agentes biológicos. Finalmente, quando os trabalhadores se encontram expostos a agentes agressores podem desenvolver sintomas de hipersensibilidade não específica, como corrimento nasal e lacrimejamento, ou ainda, sintomas de irritação nos olhos, nariz e garganta associados, por exemplo, à dor, sensação de secura e ardor, rouquidão e problemas de voz.

Quando estas barreiras da primeira linha de defesa são ultrapassadas pelos agentes agressores, cabe ao sistema imunológico combater estes agentes e os seus produtos. Nesta situação, a segunda linha de defesa do organismo humano reage de forma não específica e específica (Fig. 2). Temos no primeiro caso, a fagocitose levada a cabo pelos macrófagos e monócitos; a actuação de leucócitos (essencialmente granulócitos) na reacção inflamatória, libertando produtos no local da infecção; a destruição, por lise celular, de células alvo (*e.g.* células do próprio organismo infectadas por vírus) através de leucócitos NK (“Natural Killer”); neutralização e lise de agentes infecciosos levada a cabo por um conjunto de reacções em cascata promovidas por proteínas do sistema de complemento do sangue; e, finalmente, a inibição inespecífica da replicação viral pelo interferão produzido pelos linfócitos T.

No caso da reacção específica, também conhecida como imunidade adquirida ou adaptativa, encontramos um conjunto de parâmetros que a tornam singular: para cada agente agressor desenvolve-se uma resposta própria; os linfócitos, células imunologicamente competentes, intervêm num complexo mecanismo de reconhecimento de elevada especificidade do agente agressor estranho ao organismo (antigénio); esta reacção não é pré-determinada, mas antes só se desencadeia após o contacto com o agente agressor; há mecanismos de memória que permitem dar resposta mais rápida e intensa por parte do organismo, quando este volta a deparar-se com o mesmo agente agressor; finalmente, os anticorpos, moléculas glicoproteicas também conhecidas como imunoglobulinas (IgG, IgA, IgM, IgD e IgE), são produzidas por linfócitos B com o objectivo de reagirem com o agente agressor. Uma parte destas moléculas (Fab) é responsável pelas ligações específicas entre o anticorpo e o antigénio, ao passo que a outra parte (Fc) interage com células do sistema imunitário ou com o complemento.

A resposta mediada por IgE é central na reacção alérgica (hipersensibilidade do tipo I), em que estes anticorpos se ligam pela sua parte Fab ao antigénio (ou alérgénio) e pela parte Fc aos basófilos e mastócitos. Assim, alérgénios são antigénios que se ligam a estes anticorpos. Por isso, quando se verifica uma exposição repetitiva a um dado alérgénio, as ligações específicas antigénio-anticorpo geram sinais celulares nos basófilos e nos mastócitos que levam à produção e/ou libertação de histamina e prostaglandinas, moléculas inflamatórias que causam os sintomas de alergia. Esta resposta alérgica é heterogénia e está sujeita às características variáveis dos indivíduos, de forma que numa população de trabalhadores exposta a agentes biológicos, nem todos os trabalhadores apresentam reacções alérgicas, ou os níveis sintomáticos são diferentes. Na sinopse apresentada no fim deste capítulo podemos verificar a importância deste tipo de mecanismo imunológico contra os fungos.

Bioaerosol - A “American Conference of Government Industrial Hygienists” (ACGIH) define bioaerosol como partículas aéreas, grandes moléculas ou compostos voláteis que contêm seres vivos ou foram libertados por estes. O tamanho de uma partícula de bioaerosol pode variar de 0,01 a 100 μm e o seu comportamento é governado pelos

princípios da gravitação, electromagnetismo, turbulência e difusão. Do ponto de vista físico, há autores que definem aerosol como matéria líquida ou sólida, contendo microrganismos, material orgânico e/ou inorgânico, dividida finamente e suspensa no ar. Atribuem uma maior distribuição de tamanhos aos aerossóis fazendo-os variar entre 0,001 a 1.000 μm , dando ênfase às partículas cujos diâmetros têm capacidade para invadir o hospedeiro pelo aparelho respiratório (0,5 a 15 μm). Naturalmente que os aerossóis contêm partículas de diferentes tamanhos (polidisperso), contrastando, por exemplo, com aerossóis criados nos laboratórios de microbiologia que apresentam-se com partículas da mesma dimensão (monodisperso). Por outro lado, estes mesmos aerossóis laboratoriais têm tendência a serem homogêneos, *i.e.* as partículas são da mesma forma, contrastando com os aerossóis heterogêneos. Os agentes biológicos ao constituírem bioaerossóis apresentam o mesmo comportamento aerodinâmico do que as partículas aéreas e estão sujeitos às mesmas leis físicas, tendo especial consideração algumas características específicas. O estudo deste tema é feito pela Aerobiologia, que tem como objectivo o estudo dos agentes biológicos no ar que podem ser prejudiciais para a saúde humana. Neste sentido, vírus, bactérias, esporos fúngicos, esporos de musgos e fetos, poléns de plantas e insectos são o universo biológico onde recai a atenção dos estudos da Aerobiologia. Quando maior ênfase é dada aos danos causados à saúde humana pelos fungos presentes no ar, como é o caso do presente trabalho, então a abordagem cai no âmbito da Aeromicologia.

Prevenção da formação de bioaerossóis - Os bioaerossóis, como bolores, poeiras biológicas e ácaros, são frequentes dentro de instalações fabris, edifícios públicos e de serviços, casas de habitação, arrecadações, etc. Como princípios gerais para diminuir os bioaerossóis, temos a diminuição e controlo da humidade relativa das instalações, a redução ou eliminação de fontes de humidade, a diminuição ou remoção de materiais que promovem o crescimento destes agentes biológicos, a manutenção de níveis elevados de higiene, e a substituição periódica dos sistemas de filtração.

Quando o controlo da QAI é uma condição fundamental para uma correcta função das instalações em causa então poderemos encontrar soluções técnicas que passam pelo isolamento de salas e respectivo controlo de pressurização. Neste caso, podemos encontrar três categorias básicas: salas isoladas com pressão negativa; salas isoladas com pressão positiva e laboratórios de perigo biológico de múltiplos níveis (1 a 4).

Casos há, em que a filtração do ar é a bordagem técnica mais correcta, ou mais económica - como por exemplo o ar nos aviões. Nesta situação, recorre-se à utilização de pré-filtros nos sistemas de ventilação e de filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air) que asseguram eficiências de 99,97% na remoção de partículas acima de 0,3 μm .

Outro processo utilizado para reduzir ou eliminar bioaerossóis é a irradiação por ultravioletas nos comprimentos de onda perto do 253 nm. Neste caso vários factores podem diminuir a eficiência do processo, como o tempo de exposição, as misturas de ar na sala ou a presença de humidade no ar, e o tempo de utilização das lâmpadas germicidas. Em situações de aerossóis produzidos por fornos de cimenteiras, incineradoras ou situações similares, a precipitação electrostática pode ser utilizada para diminuir a carga das partículas na atmosfera.

Finalmente, novos métodos têm sido investigados para a redução ou eliminação de bioaerossóis. A ozonização, que consiste na injeção de ozono no ar, é uma das tentativas apontadas para a eliminação de bioaerossóis, já que esta tecnologia provou a sua eficiência como sistema de desinfecção da água. A atomização por ultrasons e por

micro-ondas são igualmente apostas, mais modernas, para a destruição de agentes biológicos.

Qualidade do ar interior (QAI) - Os fungos necessitam de uma fonte de nutrientes, humidade e uma temperatura apropriada para se instalarem e se reproduzirem (Fig. 4). Evitando que estas três condições estejam reunidas, fazendo o controlo da humidade e a renovação do ar, podemos diminuir a presença de fungos. Neste sentido, qualquer entrada de água ou humidade, qualquer crescimento visível de fungos, baixos níveis de limpeza, fraca ventilação e inadequados sistemas de filtração são as condições para um abaixamento da QAI e, assim, podermos encontrar sintomas nos trabalhadores ligados ao Síndrome dos Edifícios Insalubres cujas manifestações podem ir desde a sensação de irritação nos olhos, nariz e garganta (dor, sensação de secura e ardor, irritação, rouquidão, problemas de voz), aos sintomas neurológicos e de saúde em geral (dores de cabeça, fadiga mental, preguiça, cansaço, redução da capacidade de concentração, perda de memória, vertigens, intoxicação, náusea e vómitos) à irritação da pele (dor, sensação de prurido, vermelhidão e secura da pele) passando pelas reacções de hipersensibilidade não específica (corrimento nasal e lacrimejamento, sintomatologia de asma em não asmáticos, ruídos respiratórios) até aos sintomas do olfacto e do gosto (alterações sensitivas do sentido do gosto e do olfacto, percepções desagradáveis olfatórias ou gustativas).



Figura 4 – Aspecto de paredes com humidade onde os fungos se instalaram.

Neste sentido a avaliação dos níveis de contaminação por fungos e as espécies envolvidas deve ser feita. Para o efeito, consideram-se níveis baixos de contaminação se forem encontradas menos do 10.000 ufc (unidades formadoras de colónias) por grama de zaragatoa utilizada na amostragem, ao passo que de 100.000 a 1.000.000 ufc teremos já uma contaminação média a elevada. Contudo, fazer uma ligação directa destes valores ao número de fungos realmente presente pode ser problemático devido às

características reprodutivas destes seres vivos. A título de exemplo, uma colónia de *Penicillium* spp. de cerca de 2,5 cm de diâmetro, como as que se visualizam na Fig. 11, produz e liberta cerca de 400.000.000 esporos. Como podemos verificar, apesar da extensão de crescimento do fungo ser pequena, a produção de esporos é enorme podendo, por isso mesmo, criar sérios prejuízos na saúde dos trabalhadores. Continuando este tipo de raciocínio é importante referir que existem múltiplas espécies fúngicas com uma grande capacidade de libertação de esporos como são exemplo *Daldinia concentrica* que liberta por dia mais de 100.000.000 esporos e *Ganoderma applanatum* 30.000.000.000 esporos (o equivalente entre Maio e Setembro a 4.500.000.000.000 esporos).

Por outro lado, os níveis de esporos no ar oscilam de várias ordens de grandeza durante o dia, dependendo das actividades na área de amostragem, com os níveis de humidade e de temperatura. Assim, podemos sempre comparar os níveis de esporos presentes dentro de uma área com os níveis presentes no ar exterior (desde que não se tenha verificado precipitação recente). Durante o Inverno é normal encontrar maiores contagens nas amostras de ar interior do que no ar exterior. Associado a esta premissa, devemos ter em conta a presença de espécies nas amostras de ar interior que não são encontradas nas amostras do ar exterior; se os fungos predominantes nas amostras do ar interior não são os predominantes das amostras do ar exterior; e, finalmente, se uma monocultura é encontrada na amostra do ar interior e não se verifica esta situação em amostras de outros locais interiores de amostragem. Estas situações levam-nos a considerar estarmos perante uma baixa QAI. Apesar desta situação complexa podemos genericamente referir que esporos fúngicos no ar interior das habitações raramente excedem as 100 ufc. Por outro lado, numa tentativa de colocar limites de referência nos valores ufc de fungos, podemos referir que a ACGIH limita a presença de 100 ufc/m³ de fungos em hospitais e que a Comissão Europeia para ambientes não industriais usa o mesmo limite.

Finalmente, o Quadro 2 apresenta um exemplo da distribuição relativa de fungos numa amostra de ar. Destes dados podemos inferir que existem poucas espécies que ocupam um papel de relevo no povoamento do ar. A saber, *Cladosporium* spp. (Fig. 5), *Alternaria* spp. (Fig. 6) *Penicillium* spp. (Fig. 7), e *Aspergillus* spp. (Fig. 8) são aqueles que em maior número aparecem nas amostras de ar, sendo igualmente fungos considerados alergénicos.

Quadro 2 - Exemplo da distribuição relativa de fungos presentes numa amostra de ar.

<i>Alternaria</i> spp.	8,7%	<i>Monilia</i> spp.	0,1%
<i>Aspergillus</i> spp.	1,7%	<i>Paecilomyces</i> spp.	0,1%
<i>Aureobasidium</i> spp.	2,7%	<i>Penicillium</i> spp.	13,8%
<i>Cladosporium</i> spp.	33,3%	<i>Phoma</i> spp.	0,2%
<i>Epicoccum</i> spp.	0,3%	<i>Rhizopus</i> spp.	0,1%
<i>Fusarium</i> spp.	2,7%	<i>Trichoderma</i> spp.	0,7%
<i>Helminthosporium</i> spp.	1,0%	Micélio estéril	34,6%

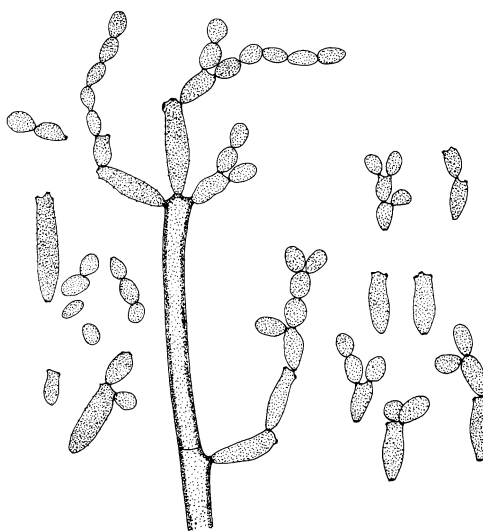


Figura 5 - Aspecto morfológico de *Cladosporium* spp. e dos seus esporos (retirado de [15]).

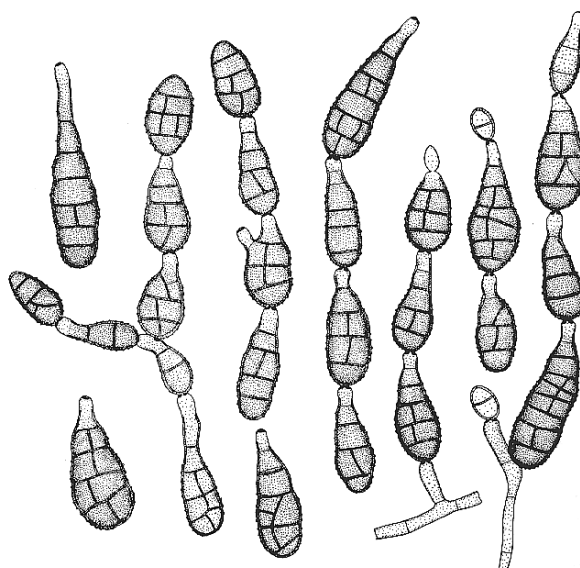


Figura 6 - Características morfológicas e de septação dos esporos em *Alternaria* spp. (retirado de [6]).

Também aqui, o número de esporos de cada uma destas espécies pode variar ao longo do dia e do ano. *Cladosporium* spp., sendo a espécie mais abundante, pode apresentar no Inverno valores médios de 300 esporos/m³ para no início do Outono poder chegar a *ca* de 2.500 esporos/m³. Durante um ciclo diário de Verão *Cladosporium* spp. pode oscilar entre 1.200 esporos/m³ pelas 5 horas da manhã para atingir o seu máximo de 2.000 a 2.500 esporos/m³ entre as 19 e 21 horas. Ocasionalmente, este fungo pode atingir valores incomensuravelmente superiores, da ordem de 35.000 esporos/m³. *Alternaria* spp., pode apresentar valores *ca* 30 esporos/m³ no Inverno, para no Verão poder apresentar valores 10 vezes superiores.

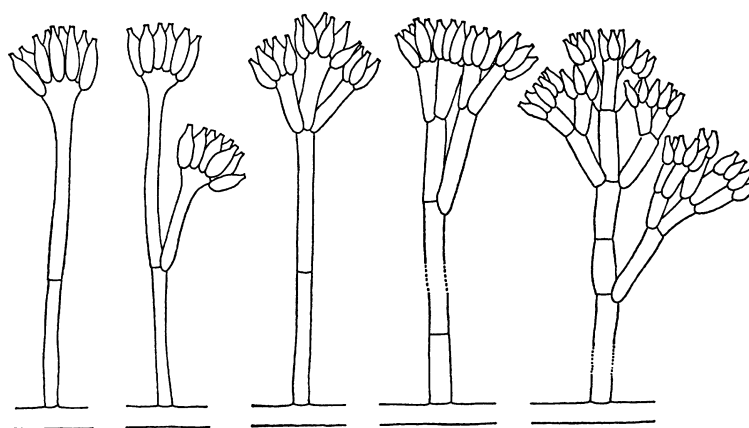


Figura 7 - Diferentes aspectos morfológicos de estruturas reprodutoras em *Penicillium* spp. (retirado de [16]).

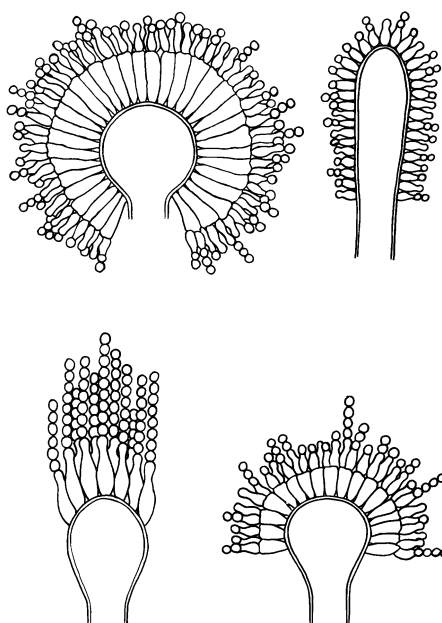


Figura 8 - Diferentes aspectos morfológicos de estruturas reprodutoras em *Aspergillus* spp. (retirado de [10]).

Métodos de amostragem de bioaerosóis - Os diferentes métodos existentes para a amostragem de bioaerosóis podem ser agrupados nas seguintes categorias de acordo com a tecnologia usada:

1. Sedimentação - O método utiliza a gravidade para quantificar as partículas que sedimentam em superfícies adesivas. Nos amostradores por sedimentação podemos encontrar diferentes situações que irão condicionar a qualidade dos resultados. Quando o ar está completamente calmo (Fig. 9-A) a gravidade governa exclusivamente o

mecanismo da sedimentação, dependendo a eficiência da amostragem da amplitude das diferenças de massa entre as partículas. Neste caso, podemos estar a obter resultados em que determinado tipo de partículas foram selectivamente favorecidas. Contudo, se o ar não estiver calmo, mas também não apresentar turbulência, teremos no amostrador somente partículas que atingiram o alvo governadas pelo ângulo resultante da velocidade terminal da partícula e da velocidade do vento (Fig. 9-B). No caso do ar apresentar turbulência, a amostragem torna-se complicada devido às correntes de ar que varrem as partículas para a superfície do amostrador e fazem com que este as capture (Fig. 9-C).

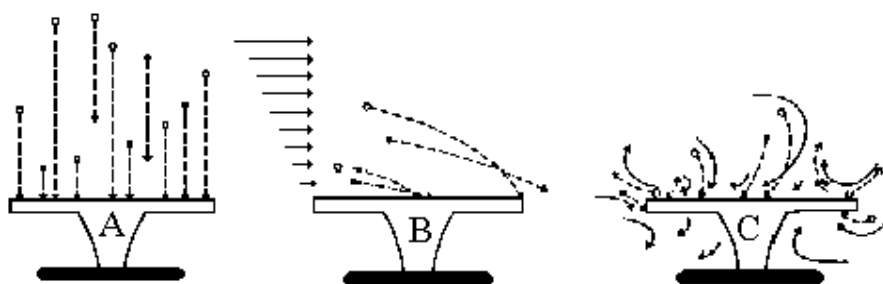


Figura 9 - Diferentes condições de amostragem por sedimentação: A - com ar calmo; B - com vento; C - com turbulência (adaptado de [9]).

Na Fig. 10 está representado um amostrador de Durham, adoptado para amostrador padrão de pólen e fungos na década de 40. Ele é constituído por uma lâmina de vidro de microscópio engordurada e colocada entre dois discos horizontais. Esta unidade possui um estativo que lhe permite definir a altura a que se realiza a amostragem. Este amostrador passivo apesar de não ser mais recomendado, é muito barato, as lâminas podem ser reutilizadas, não necessita de fornecimento de energia eléctrica, e é de construção simples.



Figura 10 - Amostrador de Durham (retirado de [9]).

Podemos ainda ter uma simples placa (Fig. 11) com meio nutritivo que permitirá identificar as colónias surgidas pelo crescimento dos esporos aí retidos durante o tempo de exposição ao ar. A considerar nesta abordagem as dificuldades de encontrar meios nutritivos genéricos capazes de permitirem o crescimento dos esporos de espécies tão diferenciadas como as existentes no ar, bem como a dificuldade de fazer crescer esporos provenientes de fungos basidiomicetos (fungos com estruturas frutíferas como são exemplo os cogumelos).

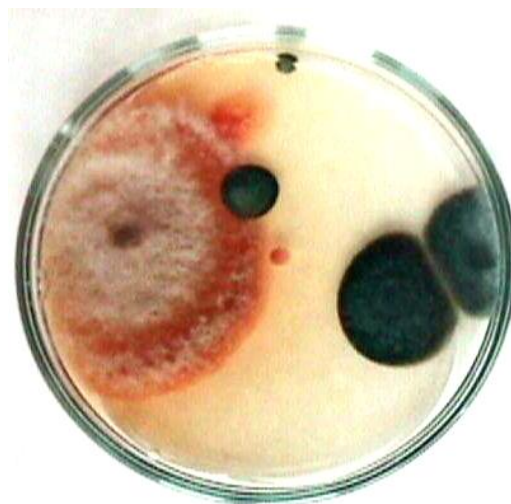


Figura 11 - Aspecto visual de uma placa exposta ao ar e incubada durante uma semana a 30°C.

Em conclusão, como a eficiência deste método depende do tamanho da partícula, da velocidade, direcção e turbulência do ar e da concentração das partículas, a amostragem por sedimentação privilegia mais a quantidade das partículas que sedimentam por unidade de área do que a medição precisa da concentração de partículas no ar.

2. Impacto - É um dos métodos usados para amostrar bioaerosóis. Uma vez que a velocidade do vento é, normalmente, maior que a velocidade gravitacional de sedimentação, as partículas mais pequenas movimentam-se numa direcção virtualmente horizontal. No entanto, as partículas podem ter uma massa ou mostrar alguma inércia que lhes permitam mudar a velocidade ou a direcção em relação ao vento. Como resultado, algumas partículas seguem a sua direcção original outras, porém, seguem a direcção do movimento do ar. Neste contexto, há partículas que podem colidir com um obstáculo ou simplesmente caminharem com o ar à volta do obstáculo e evitar serem amostradas. Se cada partícula colidir com o amostrador, então teríamos uma situação teórica de 100% de eficiência. Como este não é o caso real, na amostragem do ar atmosférico temos eficiências de colisão que é função directa do tamanho da partícula, da sua massa e velocidade, e função inversa do tamanho do obstáculo (quanto maior for o obstáculo, maior é a turbulência e, consequentemente, menor é a eficiência). Assim, para aumentar a eficiência os amostradores deste tipo, como por exemplo o Rotorod (Fig. 12), usam cilindros de 1 a 6 mm de diâmetro revestidos de material adesivo. Uma das desvantagens de cilindros com diâmetro muito pequeno é a destes ficarem rapidamente cobertos por partículas, diminuindo assim a sua eficiência de captura durante o ensaio. Por último, podemos referir que o amostrador Rotorod apresenta amostras com valores da ordem de grandeza 1.000 vezes superiores aos valores das

amostras obtidas por amostradores passivos do tipo Durham, quando colocados em locais e situações idênticas de amostragem.



Figura 12 - Exemplo de um amostrador do tipo Rotorod (retirado de [9]).

3. Filtração - É um dos métodos, mais simples e de baixo custo, para amostrar o ar. A recolha de amostras faz-se por filtração utilizando diferentes filtros, com constituição e porosidades diferentes, com o objectivo de amostrar diferentes tamanhos de partículas. Estes filtros devem ter uma superfície muito lisa para garantir a análise microscópica. Dada a necessidade de uma análise microscópica para algumas aplicações, este método pode tornar-se lento e com a necessidade do operador ter um bom conhecimento das estruturas biológicas constituintes dos bioaerosóis.

Associado ao processo da filtração podemos encontrar amostradores que associam o princípio do impacto. Um bom exemplo desta combinação é o amostrador passivo Cour (Fig. 13) constituído por um caixilho quadrado (ca 20 x 20 cm) de plástico ou de metal com filtros adesivos de gaze hidrofílica siliconizada, bem como uma protecção no topo contra a chuva e uma pá que lhe permite manter a orientação em relação ao vento. Aqui as partículas constituintes dos bioaerosóis ficam retidas enquanto o ar passa pelo filtro. Junto ao amostrador existe, normalmente, instalado um anemómetro que torna possível a determinação do volume de ar que passa através do filtro. Este tipo de amostrador desenvolvido em França tem tido alguma aplicação nas regiões mediterrânicas, com regimes de amostragem semanal. As principais desvantagens neste método são a necessidade de mudança do amostrador semanalmente, a necessidade do tratamento químico para retirar as partículas dos filtros, a análise ser demorada no tempo e, finalmente, as perdas na amostragem que podem ocorrer quando existe dificuldade do ar em atravessar o filtro.



Figura 13 - Exemplo de um amostrador Cour instalado (retirado de [9]).

4. Sucção - Este método usa uma bomba de vácuo ou outro mecanismo que permita aspirar o ar de tal forma que proporcione o impacto deste com uma superfície. Assim, a sucção pode ser por filtração, por impacto, por precipitação térmica, ou ainda, por percipitação electrotástica. Os amostradores desta categoria baseiam-se no amostrador Hirst (Fig. 14) desenvolvido no início dos anos 50 especificamente para recolha de esporos de fungos ao longo do tempo. Os amostradores apresentam três unidades básicas: 1 - a unidade de impacto formada por um orifício e um mecanismo que permite a rotação temporizada da lâmina (*ca* 2 mm/hora) formando revoluções diárias ou semanais de acordo com o modelo em questão; 2 - a pá de orientação que permite manter o orifício de entrada voltado para o vento; 3 - o motor que permite fazer a sucção e determinar a taxa de sucção ($10 \text{ dm}^3/\text{min}$). Este tipo de amostrador apresenta a vantagem de ser simples, poder operar em contínuo e, finalmente, ser bastante resistente. Adicionalmente, apresentam uma eficiência de amostragem da ordem de 3 a 10 vezes superior quando comparados com os amostradores do tipo impacto-rotativos (Rotorod), em local e situação de amostragem idênticos. Como desvantagens temos a considerar o seu preço, a necessidade de fornecimento de energia e a impossibilidade de os esporos recolhidos serem posteriormente identificados em cultura.

Um dos problemas que cruza qualquer método de amostragem é o de garantir que a amostra a recolher seja representativa do universo em estudo. No caso presente, que as partículas de todos os tamanhos presentes no ar, tenham a mesma probabilidade de entrar no amostrador. Esta condição é garantida quando a amostragem é isocinética, ou seja, quando a velocidade do ar na entrada do amostrador (V_s) é igual à velocidade do ar ambiental que está a ser amostrado (V_a). Numa amostragem isocinética, as linhas de corrente não apresentam qualquer tipo de mudança de direcção, garantindo assim, que as partículas existentes no ar amostrado são capturadas realmente pelo amostrador (Fig.



Figura 14 - Exemplo de um amostrador do tipo Hirst (retirado de [9]).

15-A). Se a velocidade do ar amostrado for maior do que a velocidade do ar ambiente ($V_s > V_a$), então as partículas mais pequenas serão as predominantes na amostragem devido à maior facilidade que estas têm de cruzar as linhas de corrente (Fig. 15-B). Por outro lado, se a velocidade do ar amostrado for menor que a velocidade do ar ambiente ($V_s < V_a$), as partículas de maior dimensão predominarão na amostra, por não seguirem a trajectória curva feita pelas linhas de corrente à volta da entrada do amostrador (Fig. 15-C). Numa tentativa de evitar amostragens anisocinéticas e, conseqüentemente, diminuir a amplitude dos erros de amostragem, as extremidades dos amostradores têm sido desenhadas com vista a promoverem amostragens isocinéticas. Para este efeito, as extremidades apresentam-se aguçadas com um ângulo de corte de 30° , ou mesmo inferior.

Actualmente existem amostradores (Fig. 16) que associam os princípios do impacto sobre um meio nutritivo de uma placa com a sucção. Neste caso temos amostradores muito versáteis e portáteis para a monitorização dos contaminantes biológicos do ar, com aplicações nas áreas farmacêutica, alimentar, cosmética e hospitalar. Têm a possibilidade de regular os caudais de ar a amostrar, de 10 a 1.000 dm^3 , e possuem uma bateria que garante uma autonomia de várias horas (há modelos no mercado que apresentam gamas de 4 a 14 horas). Por outro lado, e de acordo com o tipo de agente biológico em questão, os meios nutritivos utilizados deverão ter a composição adequada para facilitar o crescimento das respectivas colónias e, correspondentemente, a sua contagem.

Resumidamente, podemos afirmar que a detecção de agentes biológicos no ar é, normalmente, um procedimento laboratorial lento e nem sempre o sucesso do trabalho está garantido, a não ser que saibamos exactamente aquilo que procuramos e como procuramos. A maioria destes métodos necessita de condições de amostragem isocinética, pelo que, por um lado, as extremidades das sondas, como já referimos anteriormente, são aguçadas, e, por outro lado, necessitam de bombas de sucção. No caso de correntes de ar ou turbulência a detecção de agentes patogénicos torna-se quase impossível. Caso não se pretenda discriminar agentes patogénicos dentro do mesmo bioaerosol ou entre bioaerosóis diferentes, os métodos referidos poderão ser usados nestas circunstâncias.

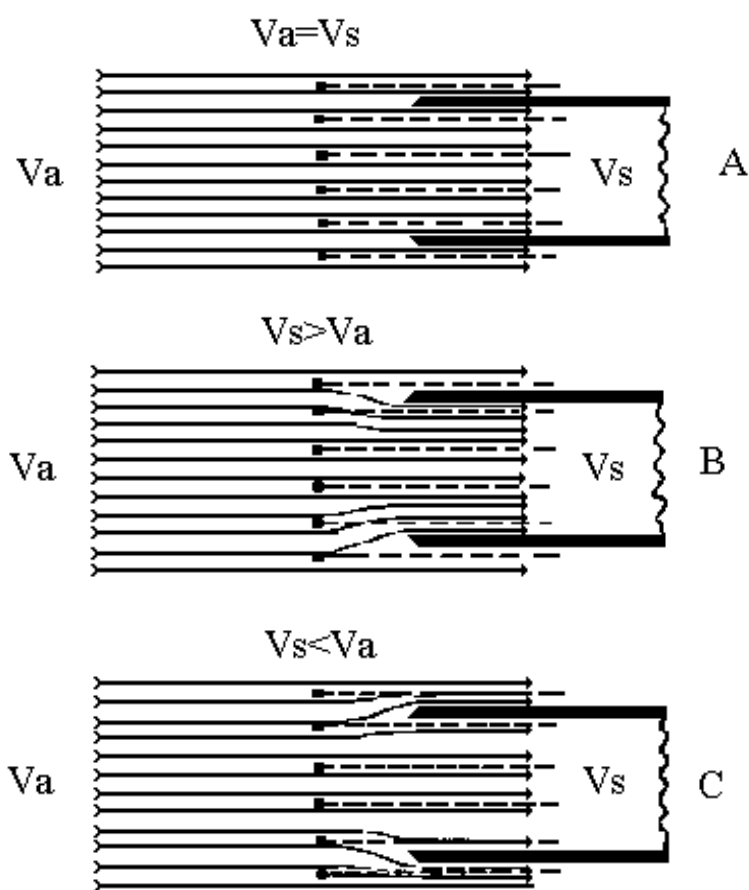


Figura 15- Linhas de corrente nos orifícios do amostrador em diferentes condições de amostragem. V_s : velocidade do ar do amostrador; V_a : velocidade do ar ambiental (adaptado de [9]).

Por último, os diferentes materiais usados nestes métodos como adesivos (*e.g.* vaselina, vaselina:parafina, silicone, glicerol, resinas e outras colas comerciais), o tratamento feito às amostras e as diferentes técnicas e soluções de montagem (*e.g.* fucsina básica) que garantam uma boa qualidade óptica e durabilidade da montagem, e os meios utilizados para as contagens das partículas devem no fim do processo permitir obter dados internacionalmente comparáveis, pelo que devem ser expressos como a média de partículas, esporos ou pólenes diários por m^3 de ar.

Já numa perspectiva de utilização de novos métodos de amostragem podemos encontrar os contadores e analisadores ópticos. Esta categoria baseia-se na interacção das partículas do bioaerol com a luz e podemos encontrar diferentes tipos de amostradores com base em princípios diferentes como por exemplo: o contador óptico de partículas, o difractómetro laser, o sistema de fase-Doppler, o sistema de intensidade de desenrolamento, e a interacção laser-partícula/análise de imagem. Por seu turno, na categoria de amostradores relacionados com a mobilidade eléctrica temos o analisador eléctrico de aerossol, o analisador de mobilidade diferencial, o sistema LIDAR (Light Detection And Ranging) e, finalmente, os biosensores.



Figura 16 - Exemplo de um amostrador portátil.

Sinopse de fungos envolvidos na qualidade do ar - Do ponto de vista aeromicológico podemos listar os seguintes fungos como responsáveis pela baixa qualidade do ar interior, bem como responsáveis por danos na saúde de indivíduos que estiveram expostos ou em contacto com eles:

Absidia spp. - fungo descrito como alergénico podendo causar mucoroses em pessoas imunodeficientes. Os locais de infecção podem ser múltiplos, desde os pulmões, cérebro, olhos, pele, etc.

Acremonium spp. (= *Cephalosporium* spp.) - fungo descrito como alergénico e que pode produzir a micotoxina tricotecina que é tóxica quando ingerida (ver Capítulo 9). Está associado a queixas (náuseas, vómitos e diarreia) de residentes de edifícios onde se identificou este fungo. Pode provocar infecções da córnea e das unhas.

Alternaria spp. - fungo alergénico muito vulgar, cuja resposta é mediada por IgE. Frequentemente encontrado em carpetes, cortinas, caixilharia das janelas e superfícies horizontais dos interiores dos edifícios. Em relação ao ambiente externo podemos encontrar este fungo com grande frequência em amostras de ar, solo, plantas, sementes. As dimensões dos conídios são grandes, oscilando entre 20-200 μm em comprimento e 7-18 μm em largura, pelo que estes esporos depositam-se no nariz, boca e tracto respiratório superior. Está associado com a pneumonite hipersensível e com asma extrínseca (hipersensibilidade do tipo I). Sintomas agudos podem incluir edemas e broncospasmos, ao passo que em situações crónicas pode desenvolver-se enfisema pulmonar. A espécie *Alternaria alternata* é capaz de produzir o ácido tenuazónico e outros metabolitos tóxicos associados a doenças nos humanos e animais.

Aspergillus spp. - fungo alergénico, em que algumas espécies são descritas como responsáveis de causar infecções, bem como de produzirem micotoxinas associadas a doenças humanas. Algumas das micotoxinas produzidas por estirpes de *Aspergillus* são consideradas potenciais agentes carcinogénicos para o Homem. Este fungo está associado com asma extrínseca (hipersensibilidade do tipo I); com sintomas agudos como edemas e broncospasmos; e, finalmente, podem desenvolver-se situações crónicas do tipo enfisema pulmonar. Dentro deste género, que tem como característica principal as suas estruturas reprodutoras assexuadas apresentarem na extremidade de um cabo uma vesícula (aspergidor)

de onde saem os esporos (ver Fig. 8), existem variadas espécies implicadas na baixa QAI.

Aspergillus caesiellus - este fungo poderá ser ocasionalmente patogénico.

Aspergillus candidus - fungo com conídios pequenos de 2,5 a 4 µm, encontrado em solos quentes, grãos e vegetais com podridão, podendo produzir a micotoxina patulina que está associada a doenças nos humanos e animais. Está associado a queixas respiratórias em ambientes interiores.

Aspergillus carneus - este fungo poderá ser ocasionalmente patogénico.

Aspergillus clavatus - fungo com conídios pequenos, 3-4,5 x 2,5-4,5 µm, encontrado em solos e animais, podendo produzir a micotoxina patulina (ver Capítulo 9) que está associada a doenças nos humanos e animais. Este fungo poderá ser ocasionalmente patogénico.

Aspergillus deflectus - este fungo poderá ser ocasionalmente patogénico.

Aspergillus flavus - fungo com conídios de 3 a 5 µm, podendo crescer em alimentos, cereais e amendoins e, ainda, em produtos lácteos. Pode ser encontrado também em carpetes que tenham sido deterioradas pela água. Algumas estirpes são capazes de produzirem um grupo de micotoxinas - as aflatoxinas (ver Capítulo 9). Para além dos graves problemas de saúde causados pela ingestão destas micotoxinas, elas podem estar associadas a doenças ocupacionais *via* inalação. Este fungo está descrito como alergénico, relacionado com problemas de asma, bem como causador de aspergilose nos pulmões.

Aspergillus fumigatus - fungo responsável pela maioria das aspergiloses. É considerado um fungo patogénico para o Homem e, por isso mesmo, está classificado no Grupo 2 quanto ao nível de risco infeccioso.

Aspergillus glaucus - fungo encontrado vulgarmente no ar exterior, principalmente no Inverno, podendo crescer no couro, lã, alimentos, cereais com baixa água disponível, etc. Fungo descrito como alergénico podendo ser ocasionalmente patogénico.

Aspergillus nidulans - fungo descrito ocasionalmente como patogénico, associado à aspergilose dos pulmões. Pode produzir a micotoxina esterigmatocistina que em laboratório é capaz de atacar o fígado e o rim de animais.

Aspergillus niger - fungo vulgarmente encontrado em têxteis, frutos e vegetais, solo, etc. É um fungo que, normalmente, está relacionado com infecções do ouvido - otomicoses. Também pode causar infecções pulmonares e da pele.

Aspergillus ochraceus - fungo encontrado no solo, grãos, alimentos salgados e em vegetais degradados. Pode produzir a micotoxina ocratoxina A que pode provocar graves problemas no Homem.

Aspergillus oryzae - este fungo poderá ser ocasionalmente patogénico.

Aspergillus parasiticus - fungo com algumas estirpes capazes de produzirem aflatoxinas (ver Capítulo 9).

Aspergillus restrictus - este fungo poderá ser ocasionalmente patogénico.

Aspergillus sydowi - este fungo poderá ser ocasionalmente patogénico.

Aspergillus terreus - fungo encontrado no solo, palha, algodão e vegetação em decomposição. Pode produzir as micotoxinas patulina e citrinina que estão associadas a problemas de saúde humana. Este fungo está associado a aspergiloses nos pulmões, e ainda, a infecções do ouvido (otomicoses) e de dedos e unhas (onicomicoses).

Aspergillus ustus - este fungo poderá ser ocasionalmente patogénico.

- Aspergillus versicolor*** - este fungo poderá ser ocasionalmente patogénico. Fungo encontrado no solo, algodão, productos lácteos. Pode produzir as micotoxinas carcinogénicas, esterigmatocistina e ácido ciclopiazónico, causadoras de diarreias.
- Bipolaris* spp.** - fungo produtor de grandes esporos que por isso mesmo se depositam na parte superior do aparelho respiratório. Este fungo produz a micotoxina esterigmatocistina.
- Blastomyces* spp.** - fungo descrito como patogénico para o Homem encontrado normalmente no solo. *Blastomyces dermatitidis* (*Ajellomyces dermatitidis*) é classificado no Grupo 3. Tem a particularidade de ser dimórfico, ou seja, quando cresce à temperatura de 25°C é um fungo filamentosos e quando cresce a 37°C é levedura.
- Botrytis* spp.** - fungo descrito como alergénico. Este fungo por ser parasita de plantas e é encontrado em plantas e frutos suculentos.
- Candida* spp.** - fungo descrito como alergénico. Faz parte da flora normal da boca e de outras mucosas do corpo pelo que não é um fungo encontrado no ar. *Candida albicans* é responsável por doenças que surgem nos indivíduos depois de tratamentos prolongados com antibióticos ou esteróides.
- Cephalosporium* spp.** - ver *Acremonium* spp.
- Chaetomium* spp.** - fungo descrito como alergénico. É um fungo ascomiceto produtor de peritécios, bom degradador da celulose e, por isso mesmo, encontrado em materiais celulósicos.
- Cladosporium* spp. (*Hormodendrum* spp.)** – o fungo mais comum nas amostras de ar exterior. A presença deste fungo aumenta no Verão, e no Inverno é diminuta. Nas amostras de ar interior também está presente, mas deverá estar em menor percentagem do que no ar exterior. As espécies de *Cladosporium* spp. encontradas no ar interior podem ser diferentes das encontradas no ar exterior. Fungo que vulgarmente causa asma extrínseca (hipersensibilidade do tipo I). Os sintomas agudos incluem edema e broncospasmos, ao passo que situações crónicas levam ao desenvolvimento de enfisema pulmonar.
- Cladosporium sphaerospermum*** - fungo que pode ser encontrado em materiais pintados e têxteis.
- Conidobolus* spp.** - pode causar inflamação crónica nas mucosas nasais.
- Cunninghamella* spp.** - pode causar infeções disseminadas e pulmonares em indivíduos com o sistema imunitário deficiente.
- Curvularia* spp.** - fungo descrito como alergénico podendo causar infeções da córnea e infeções em indivíduos com o sistema imunitário deficiente.
- Dreschlera* spp.** - fungo que pode ocasionalmente provocar infeções na córnea e é encontrado em alimentos e cereais deteriorados.
- Epicoccum* spp.** - fungo alergénico, encontrado em produtos têxteis e de papel. Naturalmente encontrado em plantas, solo e sementes.
- Epidermophyton* spp.** - pode causar infeções na pele e nas unhas. *Epidermophyton floccosum* é um fungo classificado quanto ao seu nível de risco infeccioso no Grupo 2.
- Fusarium* spp.** - fungo que pode ser alergénico e envolvido frequentemente em infeções dos olhos, pele e unhas. Ele é encontrado quer no solo quer associado a uma grande variedade de plantas. Pode ser encontrado nos humidificadores, e muitas espécies deste género produzem micotoxinas, entre as quais a tricotecina, causadoras de graves problemas de saúde.
- Geotrichum* spp.** - fungo que vulgarmente contamina frutos, produtos lácteos, papel, material têxtil, solo e água. Pode fazer parte da flora normal humana. A espécie

Geotrichum candidum pode causar infecções secundárias (geotricoses) em associação com a tuberculose. Nesta situação podem encontrar-se lesões da pele, boca, brônquios, pulmões e intestinos.

***Gliocladium* spp.** - fungo morfológicamente idêntico a *Penicillium* spp. e descrito como alergénico.

***Helminthosporium* spp.** - fungo descrito como alergénico.

***Histoplasma* spp.** - fungo descrito como patogénico para o Homem. *Histoplasma capsulatum* var. *capsulatum* (*Ajellomyces capsulatus*) e *Histoplasma capsulatum* var. *duboisii* são fungos classificados quanto ao seu nível de risco infeccioso no Grupo 3. Tem a particularidade de ser dimórfico, ou seja, quando cresce à temperatura de 25°C é um fungo filamentososo e quando cresce a 37°C é uma levedura.

***Microsporum* spp.** - fungo que pode causar micoses (e.g. impigem) no Homem. Por esta razão é classificado quanto ao seu nível de risco infeccioso no Grupo 2.

***Monilia* spp.** - fungo descrito como alergénico podendo estar envolvido em infecções da córnea.

***Mucor* spp.** - fungo encontrado no solo, material vegetal morto, frutos, couro, carne e productos lácteos. Este fungo, tal como outros zigomicetos, quando colocados em meios nutritivos crescem rapidamente. Fungo descrito como alergénico e que pode causar mucoroses em pessoas imunodeficientes, sendo os locais de infecção múltiplos (pulmões, pele, olhos, etc).

***Nigrospora* spp.** - fungo descrito como alergénico.

***Paecilomyces* spp.** - fungo descrito como alergénico encontrado no solo e com menos frequência no ar. *P. variotii* pode causar paecilomicose. Este fungo está associado a problemas de saúde ambiental identificados com a presença de humidificadores.

***Penicillium* spp.** - fungo com um grande número de espécies. Encontra-se no solo, alimentos, celulose, carpetes, papel de parede, bem como nas amostras de bioaerósois. Pode causar, em indivíduos susceptíveis, alergia alveolítica, bem como asma extrínseca (hipersensibilidade do tipo I). Em sintomas agudos temos edemas e broncospasmos e, finalmente, em situações crónicas podemos encontrar enfisema pulmonar. Algumas espécies são produtoras de micotoxinas.

***Phoma* spp.** - fungo vulgarmente encontrado no ar interior e descrito como alergénico. Produz nas paredes pintadas pequenas manchas de cor rósea e púrpura.

***Pithomyces* spp.** - fungo conhecido por causar eczema facial nos ruminantes.

***Rhizomucor* spp.** - fungo zigomiceto descrito como alergénico podendo causar mucoroses múltiplas em indivíduos com o sistema imunitário deficiente. É associado frequentemente a alergias ocupacionais. Género relacionado biologicamente com *Mucor* spp.

***Rhizopus* spp.** - fungo zigomiceto descrito como alergénico podendo causar mucoroses múltiplas em indivíduos com o sistema imunitário deficiente. É associado frequentemente a alergias ocupacionais. Género relacionado biologicamente com *Mucor* spp. e *Rhizomucor* spp.

***Rhodotorula* spp.** - levedura que deve o seu nome à cor vermelha que apresentavam as primeiras espécies isoladas. É encontrada em ambientes húmidos, carpetes, serpentinas de arrefecimento, e colectores de drenagem (como são exemplo os colectores de ar condicionado). É um dos géneros de leveduras que tem maior frequência nas amostras do ar interior e tem sido descrita como alergénica.

***Saccharomyces* spp.** - levedura de padeiro descrita como alergénica.

***Scopulariopsis* spp.** - fungo encontrado numa grande variedade de materiais, e está associado a alergias sem serem do tipo I.

Serpula lacrymans - fungo que vulgarmente causa asma extrínseca (hipersensibilidade do tipo I). Os sintomas agudos incluem edema e broncospasmos, ao passo que situações crónicas levam ao desenvolvimento de enfisema pulmonar.

***Sporobolomyces* spp.** - fungo descrito como alergénico.

***Sporothrix* spp.** - pode causar a esporotricose, normalmente, só em situações de indivíduos com o sistema imunitário deficiente. Dado o seu nível de risco infeccioso *Sporothrix schenckii* é classificado no Grupo 2.

***Sporotrichum* spp.** - fungo descrito como alergénico (ver *Sporothrix* spp. dado que é vulgar surgirem confusões taxonómicas entre estes dois géneros, contudo, este género não causa esporotricose).

***Stachybotrys* spp.** - fungo que cresce bem em materiais de construção de natureza celulósica de forma a criar manchas pretas nesse materiais. Este fungo, com humidades relativas superiores a 55% e flutuações de temperatura, pode produzir a micotoxina tricotecina - satratoxina H – que é muito venenosa quando inalada. Pessoas sujeitas a uma exposição contínua à micotoxina produzida por este fungo apresentam sintomas de gripe ou constipação, diarreia, dores de cabeça, fadiga, perda de cabelo localizadas, etc. Este fungo é raro ser encontrado em amostras de ar exterior. Os esporos deste fungo, mesmo mortos, continuam a ser alergénicos e toxigénicos. De notar que este fungo não está referido na lista da Portaria nº 405/98, contudo ele merece a máxima atenção por parte dos aeromicologistas.

***Stemphylium* spp.** - fungo descrito como alergénico e isolado de materiais celulósicos.

***Syncephalastrum* spp.** - fungo que pode causar infeções respiratórias.

***Torula* spp.** - fungo descrito como alergénico.

***Trichoderma* spp.** - fungo descrito como alergénico, encontrado no solo, em troncos mortos, em papel e outros materiais celulósicos, pois é um bom degradador da celulose.

***Trichophyton* spp.** - fungo descrito como alergénico, pode causar micoses como o pé-de atleta, e é encontrado no solo e na pele. Dado o seu nível de risco infeccioso este fungo é classificado no Grupo 2.

***Trichothecium* spp.** - fungo descrito como alergénico, podendo ser encontrado em material vegetal em decomposição, sementes e farinha. A espécie *Trichothecium roseum* pode produzir a micotoxina tricotecina.

***Tritirachium* spp.** - fungo descrito como alergénico.

***Ulocladium* spp.** - fungo encontrado em plantas mortas, materiais celulósicos e têxteis.

***Verticillium* spp.** - fungo encontrado em plantas mortas, palha, solo e artrópodes. Raramente causa infeções da córnea.

***Wallemia* spp.** - fungo que pode ser encontrado em situações de baixa actividade de água (Aw 0,75) e, por isso mesmo, é encontrado em doces, alimento salgados, productos láteos, frutos, e materiais têxteis.

Bibliografia consultada

- [1] Aerobiological Engineering, The Pennsylvania State University, USA, (<http://www.engr.psu.edu/www/dept/arc/server/wjkaerob.html>).
- [2] Carvalho, G.S. (1991) Tópicos de Imunobiologia. Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- [3] Carvalho, G.S. (1993) The host immune response following implantation of metallic devices. *In: Monitoring of Orthopedic Implants* (F. Burny & R. Puers), Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

- [4] Cox, C.S. (1987) The Aerobiological Pathway of Microorganisms. John Wiley & Sons, Chichester.
- [5] Day, J.H. (1996) Allergic Respiratory Response to Fungi. *In: The Mycota VI - Human and Animal Relationships* (D.H. Howard & J.D. Miller, Eds), Springer-Verlag, Berlin.
- [6] Ellis, M.B. (1971) Dematiaceous Hyphomycetes. CAB -International Mycological Institute, Surrey.
- [7] Esteves, J.A., Cabrita, J.D. & Nobre, G.N. (1990) Micologia Médica. 2ª Ed., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- [8] Gumowski, P.I., Ltgé, J.-P. & Paris, S. (1991) Fungal Allergy. *In: Handbook of Applied Mycology*, Vol. 2, (D.K. Arora, L. Ajello & H.G. Mukerji, Eds), Marcel Dekker, Inc., New York.
- [9] Instruments and methods, Spanish Aerobiology Network (REA), University of Córdoba, Spain, (<http://www.uco.es/miscelaneo/rea/bolonia2/>).
- [10] Kozakiewicz, Z. (1989) *Aspergillus* Species on Stored Products. Mycological Papers, nº 161, CAB - International Mycological Institute, Surrey.
- [11] Larone, D.H. (1995) Medically Important Fungi - A Guide to Identification. 3rd Ed., ASM Press, Washington.
- [12] Mendes, J.J.M. (1991/92) Síndrome dos edifícios insalubres (“Sick Building Syndrome”). Arquivos do Instituto Nac. de Saúde, 16/17:187-205.
- [13] Richardson, M.D. & Warnock, D.W. (1997) Fungal infection - Diagnosis and Management. 2nd Ed., Blackwell Science, Oxford.
- [14] Rosas, I., Calderón, C. Ulloa, M. & Lacey, J. (1993) Abundance of airborne *Penicillium* CFU in relation to urbanization in Mexico city. App. Environ. Microbiol. 59:2648-2652.
- [15] Samson R.A., Hoekstra E.S., Frisvad J.C. & Filtenborg O. (1996) Identification of the Common Food-Borne Fungi. *In: Introduction to Food-Borne Fungi*. (R.A.Samson, E.S.Hoekstra, J.C.Frisvad & O. Filtenborg, Eds.), CBS - Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn.
- [16] Samson R.A., Stolk, A.C. & Hadlok, R. (1976) Revision of the subsection fasciculata of *Penicillium* and some allied species. Studies in Mycology, nº 11, CBS - Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn.
- [17] Santos, I.M., Venâncio, A. & Lima, N. (1998) Fungos Contaminantes na Indústria Alimentar. Micoteca da Universidade do Minho, Centro de Engenharia Biológica, Braga.
- [18] Smith, E.G. (1990) Sampling and Identifying Allergenic Pollens and Molds. Blewstone Press, San Antonio, Texas.
- [19] Wild, C.P. & Hall, A.J. (1996) Epidemiology of Mycotoxin-Related Disease. *In: The Mycota VI - Human and Animal Relationships* (D.H. Howard & J.D. Miller, Eds), Springer-Verlag, Berlin.